



CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
CÁC VÀ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG

VŨ NHƯ CẦU

**CÁCH TÍNH ĐÚNG DẪN KHUNG SIÊU TỈNH
PHẪNG THEO THUẬT TOÁN TRUYỀN ẢNH
HƯỚNG CÁCH NÚT (TAHCN)**

Ngành chuyên môn 1902 — Cơ học kết cấu.
Bản tóm tắt nội dung luận án bảo vệ học vị
Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật.

HÀ NỘI — 1979

**CÁCH TÍNH ĐUNG DẦN KHUNG SIÊU TỈNH
PHẪNG THEO THUẬT TOÁN TRUYỀN ẢNH
HƯỚNG CÁCH NÚT (TAHCN)**

Ngành chuyên môn 1902 — Cơ học kết cấu.
Bản tóm tắt nội dung luận án bảo vệ học vị
Phó tiến sĩ khoa học kỹ thuật.

L598t

Công trình này được hoàn thành ở Bộ môn Cơ học
Kết Cấu Trường Đại học Xây dựng Hà nội.

Người nhận xét luận án:

1.
2.

Cơ quan nhận xét luận án:

Bản tóm tắt nội dung luận án đã được gửi đi
ngày.....tháng.....năm 19.....

Thời gian bảo vệ luận án trước hội đồng chấm luận
án nhà nướcgiờ.....ngày.....tháng.....năm 19...

Có thể tìm đọc luận án tại

1. Thư viện Trường đại học Xây dựng.
2. Phòng thí nghiệm công trình trường Đại học Xây
dựng ở nhà C₃ trường đại học Bách Khoa Hà-nội.

Hiện đại hóa tính toán kết cấu nhằm sử dụng máy tính điện tử là một phương hướng phát triển tất yếu của ngành cơ học kết cấu.

Song trong hoàn cảnh nước ta hiện nay, việc sử dụng máy tính điện tử gặp nhiều khó khăn và chưa phải là đã được phổ biến khắp mọi nơi. Song song với việc dùng máy tính điện tử, ta còn phải dùng đến các công cụ tính đơn giản để tính kết cấu nhất là ở các cơ quan thiết kế ở các địa phương. Trong điều kiện đó, đơn giản hóa phương pháp tính kết cấu nhằm giảm bớt một cách đáng kể chi phí lao động của người thiết kế có một ý nghĩa quan trọng.

Với mục đích trên, tác giả luận án nêu lên một số cách tính nhanh áp dụng cho hệ khung liên tục và hệ khung nhiều tầng đã được dùng phổ biến trong các nhà công nghiệp và nhà dân dụng ở nước ta.

Luận án gồm phần mở đầu, 3 chương, 1 phụ lục và phần kết luận chung.

Chương I trình bày phần tổng quan về tình hình phát triển các phương pháp tính khung siêu tĩnh. Tác giả điếm qua các phương pháp cơ bản:

--- Các phương pháp tính chính xác (phương pháp lực, phương pháp chuyển vị, vv...).

— Các phương pháp tính đúng dần (phương pháp của H.Cross, phương pháp của G.Kani).

Tác giả đặc biệt chú ý phân tích ưu khuyết điểm của các phương pháp tính đúng dần là các phương pháp đã được dùng phổ biến vì tính chất đơn giản, tiện lợi và thực dụng của chúng.

Những vấn đề tồn tại có thể tóm tắt như sau.

Thuật toán của H.Cross:

— Vì các đại lượng cần tìm là các giá trị mômen tại các đầu thanh nên số ẩn tại mỗi nút ít nhất bằng 2 (có bao nhiêu thanh quy tụ, có bao nhiêu ẩn). Hơn nữa, ta phải lần lượt « mở » và « đóng » toàn bộ các nút nên khối lượng tính trong một chu trình tương đối lớn.

— Hệ số truyền chưa đủ bé nên tốc độ hội tụ chưa nhanh.

— H.Cross chỉ mới đề cập đến khái niệm phân phối mômen, chưa đề cập: khái niệm phân phối lực để giải bài toán nút chỉ có một chuyển vị thẳng; khái niệm vừa phân phối mômen vừa phân phối lực để giải bài toán nút vừa có chuyển vị xoay vừa có chuyển vị thẳng.

Thuật toán của G.Kani:

— Vì các đại lượng cần tìm là các giá trị mômen do chuyển vị xoay và các giá trị mômen do chuyển vị thẳng (nếu có) nên số ẩn tại mỗi nút ít nhất bằng 2. Hơn nữa, ta phải lần lượt phân phối mômen cho toàn bộ các nút nên khối lượng tính trong một chu trình tương đối lớn.

— Hệ số phân phối chưa đủ bé nên tốc độ hội tụ chưa nhanh.

— Tốc độ hội tụ càng chậm khi độ cứng của cột càng lớn hơn độ cứng của xà (trường hợp nút có chuyển vị thẳng).

Xuất phát từ các vấn đề tồn tại trên đây, tác giả nghiên cứu một thuật toán nhằm giải quyết 2 vấn đề cơ bản:

— Giảm bớt một cách đáng kể số lần trong quá trình giải hệ phương trình.

— Tăng nhanh tốc độ hội tụ trong quá trình tính lặp đơn giản.

Trên cơ sở vận dụng, mở rộng nguyên lý phân phối mômen của H.Cross và áp dụng thuật « mở », « đóng » đồng thời một tập hợp nút qua 2 chu trình bất kỳ liên tiếp, tác giả xây dựng thuật toán truyền ảnh hưởng cách nút (TAHCN) biểu thị qua hệ phương trình đại số tuyến tính có dạng tổng quát sau đây:

$$X_i^{(m+1)} = \sum \gamma_{ki} X_k^{(m)} + b_i \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Trong đó: $X_i^{(m)}$, $X_i^{(m+1)}$ — giá trị của nghiệm X_i ở chu trình tính toán thứ m và thứ $m + 1$.

γ_{ki} — hệ số phụ.

b_i — số hạng tự do.

Hệ phương trình (1) được giải theo phương pháp tính lặp đơn giản. Nó thỏa mãn các điều kiện sau đây:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Số lần } X_j \text{ ít} \\ |\gamma_{ki}| \ll 1 \end{array} \right) \quad (2)$$

Điều kiện (2) tất yếu dẫn đến kết quả: khối lượng tính trong một chu trình tương đối ít và tốc độ hội tụ nhanh trong quá trình tính lặp đơn giản.

Chương II trình bày cách tính đúng dần hệ khung liên tục theo thuật toán TAHCN. Chương này gồm 3 tiết và phần kết luận.

Tiết §1 trình bày cách tính hệ khung liên tục gồm các nút cứng và các xà ngang thẳng (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi). Trên cơ sở nghiên cứu quy luật phân phối, truyền mô men trên một phần tử mở rộng gồm 3 nút liên nhau và áp dụng thuật « mở », « đóng » đồng thời một tập hợp nút qua 2 chu trình bất kỳ liên tiếp, tác giả thành lập hệ phương trình đại số tuyến tính (I). Trong đó:

X_i, X_k — Mô men không cân bằng tại các nút i và k .

γ_{ki} — hệ số truyền ảnh hưởng từ mô men không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến mô men không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$).

Các nút k và i (cách nhau 4 nhịp) gọi là các nút chính. Các nút còn lại gọi là các nút phụ và các nút trung gian. Sau khi tìm được giá trị tổng mô men không cân bằng tích lũy tại các nút chính bằng cách giải hệ phương trình (I) theo phương pháp tính lặp đơn giản, dựa vào các công thức đã được nêu, ta tính giá trị tổng mô men không cân bằng tích lũy tại các nút phụ, các nút trung gian và cuối cùng tính giá trị mô men tại các đầu thanh quy tụ tại các nút.

Vấn đề chọn vị trí hợp lý của các nút chính cũng đã được tác giả đề cập đến.

Tiết §2 Trình bày cách tính hệ khung liên tục gồm các nút là khớp và gồm các xà cong hoặc gãy khúc (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi). Thuật toán ở đây có thể suy ra từ thuật toán đã được trình bày

trong tiết §1. Sự khác nhau là ở chỗ độ cứng chống xoay đã được thay bằng độ cứng chống trượt và mô men không cân bằng đã được thay bằng lực không cân bằng. Trong trường hợp này, có hệ phương trình (I) trong đó :

X_i, X_k — Lực không cân bằng tại các nút i và k .

γ_{ki} — Hệ số truyền ảnh hưởng từ lực không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến lực không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$).

Các nút k và i (cách nhau 4 nhịp) gọi là các nút chính, các nút còn lại gọi là các nút phụ và các nút trung gian. Sau khi tìm được giá trị tổng lực không cân bằng, tích lũy tại các nút chính bằng cách giải hệ phương trình (I) theo phương pháp tính lặp đơn giản, dựa vào các công thức đã được nêu, ta tính giá trị tổng lực không cân bằng tích lũy tại các nút phụ, các nút trung gian và cuối cùng tính giá trị lực tại các đầu mút của các phần tử quy tụ tại các nút (khớp).

Tiết §3 Trình bày cách tính hệ khung liên tục gồm các nút cứng và các xà công hoặc gãy khúc (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi). Trên cơ sở nghiên cứu quy luật phân phối, truyền mô men và lực trên một phần tử cơ bản, tác giả thành lập các công thức phân phối mô men, truyền mô men và các công thức phân phối lực, truyền lực. Ở đây, ảnh hưởng tương hỗ giữa mô men và lực đã được xét đến. Đồng thời, khái niệm vừa phân phối mô men vừa phân phối lực đã được đề cập đến trong khi giải bài toán nút vừa có chuyển vị xoay vừa có chuyển vị thẳng.

Áp dụng thuật «mở» và «đóng» đồng thời một tập hợp nút qua 2 chu trình bất kỳ liên tiếp, tác giả xây dựng

thuật toán TAHCN qua hệ phương trình đại số tuyến tính (I) trong đó:

X_i, X_k — Mô men không cân bằng hoặc lực không cân bằng tại các nút i và k .

γ_{ki} — Hệ số truyền ảnh hưởng:

— Từ mô men không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến mô men không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$) hoặc

— Từ lực không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến mô men không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$) hoặc

— Từ mô men không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến lực không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$) hoặc

— Từ lực không cân bằng tại nút k (chu trình thứ m) đến lực không cân bằng tại nút i (chu trình thứ $m + 1$).

Các nút k và i (cách nhau 2 nhịp) gọi là các nút chính, các nút còn lại gọi là các nút phụ. Sau khi tìm được giá trị các nội lực không cân bằng (mô men không cân bằng và lực không cân bằng) tại các nút chính bằng cách giải hệ phương trình (I) theo phương pháp tính lặp đơn giản, dựa vào các công thức đã được nêu, ta tính giá trị các nội lực không cân bằng tại các nút phụ và cuối cùng tính giá trị nội lực tại các đầu mút của các phần tử quy tụ tại các nút. Cuối tiết §3, tác giả đề cập đến vấn đề chọn vị trí hợp lý của các nút chính. Đồng thời, nêu lên một số công thức nhằm so sánh khối lượng tính toán theo thuật toán của tác giả với khối lượng tính toán theo thuật toán của phương pháp khác. § thì dự tính toán đã được trình bày nhằm thuyết minh trình tự

tính toán và chứng minh tính chất ưu việt của thuật toán do tác giả kiến nghị.

Kết luận chương hai:

1. Thuật toán TAHCN mô men không cân bằng, lực không cân bằng, mô men không cân bằng và lực không cân bằng biểu thị qua hệ phương trình đại số tuyến tính (1) có thể áp dụng cho các hệ khung liên tục sau đây:

- Hệ khung với nút cứng và xà thẳng.
- Hệ khung với nút lá khớp và xà cong hoặc gãy khúc.
- Hệ khung với nút cứng và xà cong hoặc gãy khúc.

2. Lợi ích của thuật toán:

- Số ẩn giảm khá nhiều.
- Tốc độ hội tụ nhanh đặc biệt trong trường hợp khung nêu ở các tiết §1, §2.

— Tuy khối lượng tính phụ có tăng lên (trường hợp khung nêu trong tiết §3) song tác giả đã chứng minh được rằng tổng khối lượng tính toán giảm bớt một cách đáng kể (vào khoảng từ 40% đến 70%) đặc biệt khi phải tính nội lực nhiều lần dưới tác dụng của nhiều tổ hợp tải trọng khác nhau.

Chương III trình bày sự mở rộng thuật toán TAHCN cho hệ khung nhiều tầng.

Chương ba gồm 4 tiết và phần kết luận.

Tiết §1 trình bày thuật toán TAHCN mô men không cân bằng (các nút chính cách nhau 4 nhịp) mở rộng cho hệ khung nhiều tầng 1 nhịp đối xứng chịu các tải trọng phản đối xứng bất kỳ (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi).

Tiết §2 trình bày thuật toán TAHCN mô men không

cân bằng (các nút chính cách nhau hai nhịp) áp dụng cho hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút không có chuyển vị thẳng (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi).

Tiết §3 trình bày cách tính gần đúng chuyển vị thẳng của hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút có chuyển vị thẳng (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi). Tính gần đúng chuyển vị thẳng của hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp có thể giải quyết 2 vấn đề:

-- Kiểm tra độ cứng trên phương ngang của hệ.

-- Tăng nhanh một cách đáng kể tốc độ hội tụ trong quá trình giải nội lực của hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút có chuyển vị thẳng bằng phương pháp tính lặp.

Dựa vào giả thiết gần đúng là toàn bộ các nút trên cùng một sàn đều xoay những góc bằng nhau, tác giả đưa bài toán phức tạp về bài toán đơn giản (khung 1 nhịp nhiều tầng) để áp dụng thuật toán TAHCMô men không cân bằng đã được trình bày trong tiết §1 chương hai.

Tiết §4 trình bày cách tính lặp để giải nội lực của hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút có chuyển vị thẳng (các phần tử của khung đều có độ cứng thay đổi). Theo cách tính này, một vòng tính lặp bao gồm 2 giai đoạn:

-- Giai đoạn phân phối mômen do chuyển vị thẳng trong dầm gần đúng cho các cột. Mômen do chuyển vị thẳng tương đối gần đúng tính theo các công thức đã được nêu trong tiết §3

— Giai đoạn phân phối mômen do chuyển vị xoay cho các nút (áp dụng thuật toán TAHCN) mômen không cân bằng đã được trình bày trong tiết § 2)

2. Giai đoạn này được tiến hành lần lượt và xen kẽ cho đến khi nào các điều kiện cân bằng nút và các điều kiện cân bằng tầng đều được thỏa mãn.

4 Thí dụ tính toán đã được trình bày nhằm thuyết minh trình tự tính toán và chứng minh tính chất ưu việt của thuật toán do tác giả kiến nghị.

Kết luận chương ba :

1. Thuật toán TAHCN mômen không cân bằng biểu thị qua hệ phương trình (1) có thể mở rộng cho khung nhiều tầng 1 nhịp đối xứng chịu tải trọng phân đối xứng bất kỳ, khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút có chuyển vị thẳng (bài toán tìm chuyển vị thẳng tương đối gần đúng của các cột). Ưu điểm của thuật toán như đã trình bày trong tiết § 1 chương hai.

2. Thuật toán TAHCN mômen không cân bằng (các nút chính cách nhau 2 nhịp) có thể áp dụng cho hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút không có chuyển vị thẳng. Theo cách tính này, số lần giảm 50%, tốc độ hội tụ tương đối nhanh.

3. Cách tính gần đúng trình bày trong tiết § 3 cho kết quả $M_{gi}^{\Delta} \approx M_i^{\Delta}$. Trong đó :

M_{gi}^{Δ} : mômen của cột ứng với chuyển vị thẳng tương đối gần đúng (tính theo các công thức nêu trong tiết § 3)

M_t^A — mômen của cột ứng với chuyển vị thẳng tương đối thực tế (tính theo phương pháp chính xác).

Nếu lấy M_{ga}^A làm giá trị mô men xuất phát để tính nội lực của khung nhiều tầng nhiều nhịp với nút có chuyển vị thẳng, có thể giảm $h = 1/4 \cdot h_A$ hiệu số vòng tính lặp nhất là khi độ cứng của cột lớn hơn độ cứng của xà khá nhiều.

PHỤ LỤC:

Các bảng phụ lục trình bày các công thức tính độ cứng chống xoay và độ cứng chống trượt cho các phần tử có dạng thanh cong hoặc thanh gãy khúc nhằm phục vụ cho việc tính nội lực của hệ khung liên tục.

KẾT LUẬN CHUNG:

1. Xuất phát từ nguyên lý phân phối mô men của H. Cross, tác giả xây dựng thuật toán TAHCN và mở rộng nguyên lý đó cho trường hợp nút chỉ có 1 chuyển vị thẳng (phân phối lực) và trường hợp nút vừa có chuyển vị xoay vừa có chuyển vị thẳng (vừa phân phối mô men vừa phân phối lực).

2. Lợi ích của thuật toán TAHCN hiển thị qua hệ phương trình đại số tuyến tính (I) như sau:

— Số ẩn giảm khá nhiều do trong thuật toán chỉ xét đến điều kiện cân bằng của một số nút chính (các nút còn lại tự động cân bằng).

— Giá trị tuyệt đối của các hệ số phụ (hệ số truyền ảnh

hướng cách nút) γ khá nhỏ so với đơn vị, do đó tốc độ hội tụ nhanh khi giải theo phương pháp tính lặp đơn giản.

-- Tuy khối lượng tính pha có tăng lên song tác giả đã chứng minh được rằng tổng khối lượng tính toán giảm bớt khá nhiều (vào khoảng từ 40% đến 70%) nhất là khi phải tiến hành tính nội lực nhiều lần dưới tác dụng của nhiều tổ hợp tải trọng khác nhau.

3. Các cách tính trình bày trong luận án đều có độ chính xác đáng tin cậy. Hơn nữa, độ chính xác có thể thỏa mãn tùy theo ý muốn của người tính kết cấu.

4. Thuật toán của tác giả có thể mở rộng cho các trường hợp phức tạp sau đây:

— Hệ khung không gian trong đó có những phần tử được xem như chỉ chịu xoắn. Lúc đó, bài toán không gian có thể đưa về bài toán phẳng.

— Hệ khung liên tục trong đó mỗi nút có 3 thành phần chuyển vị (do sự lún của nền móng, do sự biến thiên nhiệt độ hoặc do khung và móng cùng làm việc trên nền đàn hồi):

-- Chuyển vị xoay.

- Chuyển vị thẳng trên phương nằm ngang.

-- Chuyển vị thẳng trên phương thẳng đứng.

Có khả năng thành lập hệ phương trình (1) trong đó có 3 loại ẩn: mômen không cân bằng, lực không cân bằng trên phương nằm ngang, lực không cân bằng trên phương thẳng đứng.

Nội dung có liên quan đến luận án đã và sẽ được công bố trong các tạp chí sau đây:

1. Vũ như Cầu, « Phương pháp truyền nhảy nút mômen không cân bằng áp dụng cho hệ khung phẳng liên tục ». Tạp chí « Cơ học » số 3,4 năm 1979.

2. Vũ như Cầu, « Tính gần đúng chuyển vị thẳng của hệ khung nhiều tầng nhiều nhịp theo thuật toán truyền nhảy nút mômen không cân bằng ». Tạp chí Cơ học năm 1980.

CÁCH TÍNH ĐÚNG DẪN KHUNG SIÊU TÍNH PHẪNG THEO THUẬT TOÁN TRUYỀN ẢNH HƯỞNG CÁCH NÚT (IAHCN)
In 100c khổ 13 x 19. Tại xưởng in trường Đại học Xây dựng
tháng 1 năm 1980.